



**Automatización Del Proceso “Validación Facturación
Outbound”**

Santiago Escobar Casas

Informe de práctica presentado para optar al título Ingeniero de Sistemas

Asesores

Felipe Gonzalez Valencia, Líder de Automatización de Procesos

Maria Bernarda Salazar Sanchez, Doctora en Ingeniería Electrónica

Universidad de Antioquia
Facultad de Ingeniería
Ingeniería de Sistemas
Medellín, Antioquia, Colombia
2023

Cita	Escobar Casas [1]
Referencia	[1] S. Escobar Casas, “Automatización Del Proceso “Validación Facturación Outbound””, Trabajo de grado profesional, Ingeniería de Sistemas, Universidad de Antioquia, Medellín, Antioquia, Colombia, 2023.

Estilo IEEE (2020)



Centro de Documentación Ingeniería (CENDOI)

Repositorio Institucional: <http://bibliotecadigital.udea.edu.co>

Universidad de Antioquia - www.udea.edu.co

Rector: John Jairo Arboleda Céspedes.

Decano: Julio César Saldarriaga

Jefe departamento: Diego José Luis Botía Valderrama

El contenido de esta obra corresponde al derecho de expresión de los autores y no compromete el pensamiento institucional de la Universidad de Antioquia ni desata su responsabilidad frente a terceros. Los autores asumen la responsabilidad por los derechos de autor y conexos.

Dedicatoria

Aunque lo usual es dedicar este tipo de escritos a personas o conjuntos de ellas, este no es el caso.

En esta ocasión la dedicatoria está dirigida a un concepto:

“A los finales y los nuevos comienzos” por ser aquello que nos mueve física, mentalmente y nos lleva a la transformación.

Y como un gran pensador contemporáneo dijo: “Baby la vida es un ciclo, lo que no sirve yo no lo reciclo”

Agradecimientos

Debido a que es muy poco probable que alguien vaya a leer esto aparte de quienes lo estamos escribiendo y revisando -y posiblemente mi madre- siento que sería más gratificante agradecer personalmente a todos aquellos que contribuyeron mediante una llamada, un mensaje o una visita...

TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN	8
ABSTRACT	9
I. INTRODUCCIÓN	10
II. OBJETIVOS	12
1. Objetivo general	12
2. Objetivos específicos.....	12
III. MARCO TEÓRICO	13
1. Definición de la automatización robótica de procesos.....	13
2. Ciclo de vida de la automatización robótica de procesos.....	15
3. Selección de procesos para automatizar.....	15
4. Framework para la automatización robótica de procesos	16
IV. METODOLOGÍA	19
1. Plan de entrenamiento	19
2. Análisis del proceso y diseño de la solución de automatización.....	20
3. Desarrollo de la solución de automatización.....	20
4. Pruebas y optimización de la solución de automatización.....	20
5. Despliegue y monitoreo de la solución de automatización	21
6. Generación de entregables	21
V. RESULTADOS Y ANÁLISIS.....	23
1. Plan de entrenamiento	23
2. Análisis de proceso y diseño de la solución de automatización.....	23
3. Desarrollo de la solución de automatización.....	25
4. Pruebas y optimización de la solución de automatización.....	26
5. Despliegue y monitoreo de la solución de automatización	30

6. Generación de entregables	31
VII. CONCLUSIONES	32
REFERENCIAS	33

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Marco de trabajo consolidado. Traducción de lo propuesto en [7]	18
Figura 2. Metodología planteada.....	19
Figura 3. Ejecución secuencial vs ejecución concurrente	25
Figura 4. Tarea desarrollada por el hilo consolidador de manera conceptual.....	26
Figura 5. Tiempo de ejecución según número de hilos.....	28
Figura 6. Consumo de CPU con 1 hilo.....	29
Figura 7. Consumo de CPU con 4 hilos	29
Figura 8. Consumo de CPU con 14 hilos	29
Figura 9. Consumo de CPU con 22 hilos	30

SIGLAS, ACRÓNIMOS Y ABREVIATURAS

AA	Autonomous Agent (Agente Autónomo)
AIPA	Augmented Intelligent Process Automation (Automatización Aumentada Inteligente de Procesos)
CAM	Concurrent Automation Model
CRM	Customer Relationship Management (Gestión de Relaciones con el Cliente)
E/S	Entrada / Salida
I/O	Input / Output
IA	Intelligent Automation (Automatización Inteligente)
IEEE	Institute of Electrical and Electronics Engineers (Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos)
IPA	Intelligent Process Automation (Automatización Inteligente de Procesos)
IRPA-AI	Institute for Robotic Process Automation and Artificial Intelligence (Instituto para la Automatización Robótica de Procesos e Inteligencia Artificial)
ML	Machine Learning (Aprendizaje de Máquinas)
RPA	Robotic Process Automation (Automatización Robótica de Procesos)
TAM	Transaction Automation Model
TI	Tecnologías de la información
UdeA	Universidad de Antioquía

RESUMEN

Este documento presenta el desarrollo de un bot en Python para automatizar la validación de la consistencia de cobros facturados a una de las filiales de la empresa Quipux. Metodológicamente tomó como referencia marcos de trabajo propuestos desde la academia y requirió de seis etapas para su compleción: plan de entrenamiento, análisis del proceso y diseño de la solución, desarrollo de la solución, pruebas y optimización, despliegue y monitoreo, y generación de entregables.

Este proyecto representó una mejora en términos de eficiencia y valor entregado, estandarización con otros proyectos de automatización de la compañía y una reducción muy significativa de tiempo de procesamiento en comparación con la solución anterior, esto último debido principalmente a la implementación del procesamiento concurrente para la factura.

Finalmente, la solución obtenida en este trabajo demostró ser exitosa y se ha mantenido en funcionamiento sin reportes de fallas en su funcionamiento desde su despliegue.

Palabras clave — **Automatización robótica de procesos, bot, concurrencia, Python.**

ABSTRACT

This report shows the development of a bot using Python to automate the consistency validation of invoiced bills for one of the Quipux company's subsidiaries. Methodologically, it took as references frameworks proposed by academia and required six stages for its execution: training plan, process analysis and system design, system development, testing and optimization, deployment and monitoring, and deliverables generation.

This project brought improvements in terms of efficiency and value delivered, standardization within the company's existing automation projects and a very significant reduction in processing time as compared against the previous solution, the latter mainly due the implementation of the concurrent invoice processing.

Finally, the system obtained because of these efforts has proved its success and has been running without failure reports since deployment.

***Keywords* — Bot, concurrency, python, robotic process automation.**

I. INTRODUCCIÓN

Quipux es una empresa colombiana que se enfoca en la creación de soluciones de movilidad sostenibles, seguras y amigables, tiene como misión contribuir a la calidad de vida de los ciudadanos, aportando al fortalecimiento de las entidades y autoridades de gobierno a través de la modernización operativa y la transformación digital mediante el desarrollo de soluciones y plataformas tecnológicas de uso ciudadano e institucional. Su foco de negocio corresponde a los servicios relacionados con el registro e impuestos vehiculares, expedición de licencias de conducción, detección electrónica de infractores, procesamiento de infracciones de tránsito, entre otros.

Organizacionalmente Quipux está compuesta por diferentes equipos de trabajo multidisciplinarios denominados “células”, dentro de estas se encuentra la célula de “Arquitectura y TI” (Tecnologías de la Información), la cual a su vez contiene a la célula de “Automatización de Procesos”, encargada de optimizar y automatizar las tareas manuales y repetitivas, contexto en el cual se encuentra enmarcado este proyecto de prácticas.

Una de las operaciones de Quipux (la cual hace parte de su modelo centralizado de servicios de Casa Matriz) presta servicios de movilidad, tránsito y transporte a nivel municipal. Dentro de sus procesos se encuentra la gestión de cobro de obligaciones financieras a los usuarios finales (empresas y ciudadanos), y se apoya en la prestación del servicio de un proveedor que ofrece soluciones de contacto por medio de llamadas pregrabadas, mensajes de texto y correos electrónicos donde se les invita a ponerse al día con los saldos pendientes. Este prestador relaciona los detalles de las gestiones de contacto para generar la facturación y cuenta de cobro del servicio prestado. Previo a realizar el pago de estos servicios, la operación verifica que la información de las gestiones relacionadas en la facturación sea verídica, esto lo hace contrastando la información de la cuenta de cobro con los datos registrados en el software CRM (Customer Relationship Management) del proveedor. La ejecución manual de este proceso requiere de 2 personas enfocadas exclusivamente a esta tarea durante tres meses; con el fin de realizar dicha revisión de manera más rápida Quipux automatizó esta tarea de manera exploratoria empleando una herramienta RPA (Robotic Process Automation) buscado adicionalmente evaluar los alcances técnicos de esta y brindar una pronta solución a la operación. El principal resultado de este piloto a nivel de negocio fue que se logró reducir el tiempo de ejecución del proceso a diez días, a partir de este impacto, la

célula de Automatización se propuso el objetivo de realizar la migración de dicha automatización al lenguaje de programación Python con el fin de eliminar costos de licenciamiento, aplicar metodologías más robustas de desarrollo y estandarizar la arquitectura de los bots implementados en diferentes clientes.

Este proyecto tuvo como propósito realizar la migración de esta automatización aplicando una nueva revisión al proceso para identificar oportunidades de mejora, dado el caso, aplicarlas y desarrollarlas en la nueva versión de la automatización, de esta forma, se mejoró la calidad del desempeño de la automatización actual, se disminuyó aún más el tiempo de ejecución y se prestó el servicio de revisión automática de la factura.

Para esto se siguió la metodología de trabajo por objetivos la cual es usada en la célula y se definieron seis etapas en las que dividir los esfuerzos, siendo estas: Plan de entrenamiento, Análisis del proceso y diseño de la solución de automatización, Desarrollo de la solución de automatización, Pruebas y optimización de la solución de automatización, Despliegue y monitoreo de la solución de automatización y Generación de entregables (esta última transversal en todo el proyecto). Adicionalmente se adaptó el proyecto a marcos de trabajo para RPA propuestos desde la academia.

Finalmente, se logró que el tiempo de ejecución disminuyera significativamente y que fuera posible aplicar mejoras al proceso, generando valor agregado a la operación debido a que los resultados presentados contienen información complementaria y adicional.

II. OBJETIVOS

1. *Objetivo general*

Desarrollar un bot en Python para la automatización del proceso de validación de consistencias en facturación con respecto a los datos en el software Customer Relationship Management.

2. *Objetivos específicos*

- Desarrollar el framework y las metodologías usadas actualmente por la célula de automatización de Quipux.
- Analizar el proceso de validación de consistencia de información de facturación para su posterior automatización.
- Diseñar un bot en Python para automatizar el proceso de validación de consistencia de información de facturación.
- Validar la solución de automatización con relación a la consistencia de información de facturación.

III. MARCO TEÓRICO

1. *Definición de la automatización robótica de procesos*

La Automatización Robótica de Procesos (RPA, por sus siglas en inglés Robotic Process Automation) es una tecnología que implica el uso de programas de ordenador autónomos, también conocidos como "bots", para automatizar procesos de negocios estructurados, basados en reglas y repetitivos [1]. Los programas de software RPA imitan cómo un ser humano usa aplicaciones dentro de un sistema operativo [1], y trabajan con sistemas en la capa de presentación sin afectar la infraestructura subyacente de la lógica empresarial y las capas de acceso a datos [2].

Según el Grupo Asesor Corporativo del IEEE, el software RPA se define como el uso de una instancia de software preconfigurada que utiliza reglas empresariales y una coreografía de actividades predefinida para completar la ejecución autónoma de una combinación de procesos, actividades, transacciones y tareas en uno o más sistemas de software no relacionados para entregar un resultado o servicio con gestión de las excepciones mediante recursos humanos [2]. El Instituto IRPA-AI define RPA como "la aplicación de la tecnología que permite a los empleados de una empresa configurar el software de computadora o un 'robot' para capturar e interpretar las aplicaciones existentes para procesar una transacción, manipular datos, desencadenar respuestas y comunicarse con otros sistemas digitales" [3]. Existen dos modos principales de operación para las soluciones de RPA: atendido y no atendido. El modo no atendido es autónomo y es adecuado para procesos más simples que no varían entre instancias, pero puede resultar en errores significativos cuando se utiliza para casos más complejos. El modo atendido permite a las personas activar acciones del robot para realizar partes de un proceso y supervisar directamente dichas acciones [4].

Utilizando RPA es posible automatizar tareas repetitivas y que consumen mucho tiempo, como la entrada y manipulación de datos, la generación de informes, el procesamiento de facturas y la entrada de pedidos. Sin embargo, la automatización con RPA no es una solución adecuada para procesos de toma de decisiones complejas que requieren habilidades cognitivas. Según Hofmann et al. [5], no se pueden reemplazar los procesos cognitivos que requieren decisiones complejas basadas en reglas.

Es así como, con la implementación de la automatización robótica de procesos se pretende mejorar la eficiencia operativa, la calidad del servicio, la gestión de riesgos y el cumplimiento

normativo, siendo relativamente fácil de implementar e integrar con los sistemas existentes a costos bajos en comparación con la automatización de procesos tradicionales [2]. Este software mejora la eficiencia operativa mediante la reducción del tiempo, costos y recursos humanos, y aumentando la productividad; y la calidad del servicio se logra mejorar mediante la reducción de errores transaccionales comunes, la disminución de errores humanos y la automatización de tareas que logran una precisión muy alta [4]. Usar RPA es relativamente rentable para implementar a menudo con una interfaz simple e intuitiva para los usuarios la cual puede ponerse en marcha en un corto período de tiempo, lo que lo convierte en una solución atractiva para las empresas que buscan mejorar sus procesos y lograr una mayor automatización [4].

Las desventajas y desafíos de la implementación de programas de software RPA se discuten en la literatura y es importante tenerlas en cuenta cuando se considera su implementación. Un problema importante es que, si los flujos de procesos predefinidos contienen ineficiencias o errores, los bots que los ejecutan también ejecutarán pasos de proceso ineficientes, lo que resultará en costos y uso de recursos adicionales [2]. Además, está actualmente en la cima del ciclo de expectativas exageradas, lo que indica una falta de transparencia en el mercado y una comprensión equivocada del potencial del RPA [6].

En [1] se menciona una empresa que identificó cinco aspectos importantes, primero que la naturaleza fácil de usar de RPA puede hacer que los empleados piensen menos en arreglar las deficiencias de los procesos de negocio y más en cómo se puede usar RPA para mantener un proceso existente y subóptimo. En segundo lugar, se destacaron las preocupaciones de control y seguridad de RPA, incluyendo bots descontrolados, desconocidos y actividades fraudulentas de bots. Tercero, muchos entrevistados indicaron que los costos reales de RPA a menudo son mal comprendidos y subestimados, con informes que a menudo carecen de cualquier mención de los costos recurrentes relacionados con el monitoreo, la garantía y las medidas de seguridad necesarias para los bots. En cuarto lugar, determinar una estructura de gobierno que equilibre la autonomía y motivación que vienen con un entorno RPA descentralizado. Y, por último se debatieron los problemas relativos a la pérdida de conocimientos de negocio.

2. *Ciclo de vida de la automatización robótica de procesos*

El Ciclo de Vida de RPA es un enfoque integral para automatizar procesos empresariales y comprende varias etapas que deben completarse para garantizar la implementación exitosa y su operación a largo plazo. Según [6], el ciclo de vida consta de once etapas: demanda, evaluación de tecnologías, selección de procesos, selección de software, prueba de concepto, creación del caso de negocio, escalado de servicios, Centro de Excelencia, servicio a largo plazo, implementación y transferencia. Para complementar esta vista, se puede consultar el ciclo de vida de RPA propuesto por [3], que consta de seis etapas:

- Primera etapa, fase de análisis, que implica identificar los procesos adecuados para la automatización y analizar el esfuerzo necesario.
- Segunda etapa, fase de diseño, que se centra en definir los detalles necesarios para el diseño del proceso.
- Tercera etapa, fase de construcción, donde los desarrolladores de RPA crean bots que ejecutan el proceso automatizado.
- Cuarta etapa, fase de implementación, que implica proporcionar un entorno para que los bots se ejecuten.
- Quinta etapa, fase de control y monitoreo, que supervisa el rendimiento de cada bot implementado y lanza o detiene la ejecución en caso de errores.
- Sexta etapa, fase de evaluación y rendimiento, que evalúa la eficacia y eficiencia de los bots y proporciona retroalimentación sobre el proceso automatizado.

En resumen, el ciclo de vida proporciona un enfoque estructurado para la implementación de RPA, asegurando que los proyectos de RPA se completen de manera eficiente, efectiva y con los resultados deseados. Las etapas presentadas por [6] y [3] pueden proporcionar pautas para que las organizaciones sigan al implementar soluciones de RPA.

3. *Selección de procesos para automatizar*

La automatización robótica de procesos puede ser una herramienta poderosa para automatizar la lógica de decisión estructurada, madura, estandarizada y bien documentada para

tareas fáciles o procesos con entrada de datos estructurados digitalizados. Como mencionan en [5], RPA se limita a estos tipos de aplicaciones, por lo tanto, seleccionar los procesos adecuados para automatizar es crucial para el éxito. Según [2], los procesos que son basados en reglas, repetitivos y requieren acceso a múltiples sistemas son ideales para RPA.

El artículo de [4] analiza las características de las tareas adecuadas para RPA, estas características incluyen alta cantidad de reglas, alto volumen, madurez, fácil logro y demostración de impacto, entrada de datos estructurados digitalizados, altamente manuales, transaccionales, estandarizados, bajos niveles de manejo de excepciones, altamente repetitivos, procesos menos complejos, bien documentados y que interactúan con muchos sistemas. Además, los procesos que requieren un alto nivel de manejo de excepciones pueden no ser adecuados para RPA, y puede ser más rentable que un especialista humano maneje excepciones ocasionales a intentar programar el 100 % de los casos, lo cual puede aumentar significativamente el tiempo de entrega, y no se recomienda hacerlo.

En conclusión, seleccionar los procesos adecuados para automatizar requiere una cuidadosa consideración de varios factores, incluyendo las características del proceso, las capacidades organizacionales, las finanzas y el tiempo. Las organizaciones deben optimizar y rediseñar los procesos para maximizar las capacidades de RPA antes de automatizarlos. Seguir las pautas mencionadas anteriormente puede aumentar las posibilidades de una implementación exitosa de automatización.

4. *Framework para la automatización robótica de procesos*

A pesar de la disponibilidad de una gran cantidad de proveedores y productos de RPA, todavía existe mucha incertidumbre sobre cómo utilizar con éxito esta tecnología. Para abordar este problema, diversos proveedores y consultores han propuesto directrices y marcos para la selección e implementación de soluciones de RPA, pero estas no siempre proporcionan información imparcial [4].

En [7], proponen un framework (marco de trabajo) de tres pasos para ayudar a los auditores internos y externos a tomar decisiones críticas con respecto a la implementación y priorización adecuadas de las actividades de RPA. El primer paso implica determinar si la automatización está permitida para la tarea en consideración y si hay suficientes datos/información para que el bot logre

su objetivo previsto. El segundo paso evalúa la viabilidad técnica y los beneficios de implementar un bot para la tarea. En el tercer paso, los auditores trazan las puntuaciones de cada actividad potencial del bot en una matriz y las priorizan en función del Cuadrante resultante.

Aunque este framework proporciona directrices útiles para la selección de soluciones, según [6] un framework para RPA debe tener un alto grado de flexibilidad, ya que no existe un procedimiento generalmente válido, especialmente en lo que respecta a la secuencia concreta de las etapas individuales, que siempre depende de las circunstancias específicas de la empresa. En [6] también propusieron un marco consolidado para proyectos de implementación de RPA, que se muestra en la Figura 1.

En general, la selección e implementación de soluciones de RPA requieren una cuidadosa consideración de varios factores, incluida la viabilidad técnica, los beneficios y el valor organizacional. Los frameworks propuestos por [7] y [6] pueden servir como guías valiosas para las organizaciones a medida que navegan en el panorama de la RPA.

Con miras al futuro, la evolución de la RPA parece prometedora con la integración de tecnologías emergentes como la inteligencia artificial y el aprendizaje automático (ML). Como sugiere [4], la aplicación de técnicas de inteligencia artificial y ML puede transformar datos no estructurados en datos estructurados, lo que puede respaldar actividades de reconocimiento de documentos, captura inteligente y procesamiento de lenguaje natural.

Además, la integración de RPA e inteligencia artificial, o automatización inteligente (IA del inglés *intelligent automation*), puede ampliar las capacidades tecnológicas, la preparación tecnológica y el potencial de automatización de procesos en varias aplicaciones de ingeniería y negocios, como señaló [5]. La tecnología IA se puede clasificar en cuatro tipos, incluidos RPA, automatización de procesos inteligentes (IPA), automatización inteligente aumentada de procesos (AIPA) y agentes autónomos (AA); dichas tecnologías difieren en funcionalidad, rendimiento y aplicación, sin embargo, la combinación de estas puede llevar a procesos más eficientes y precisos, una mayor productividad y mejores experiencias para los clientes.

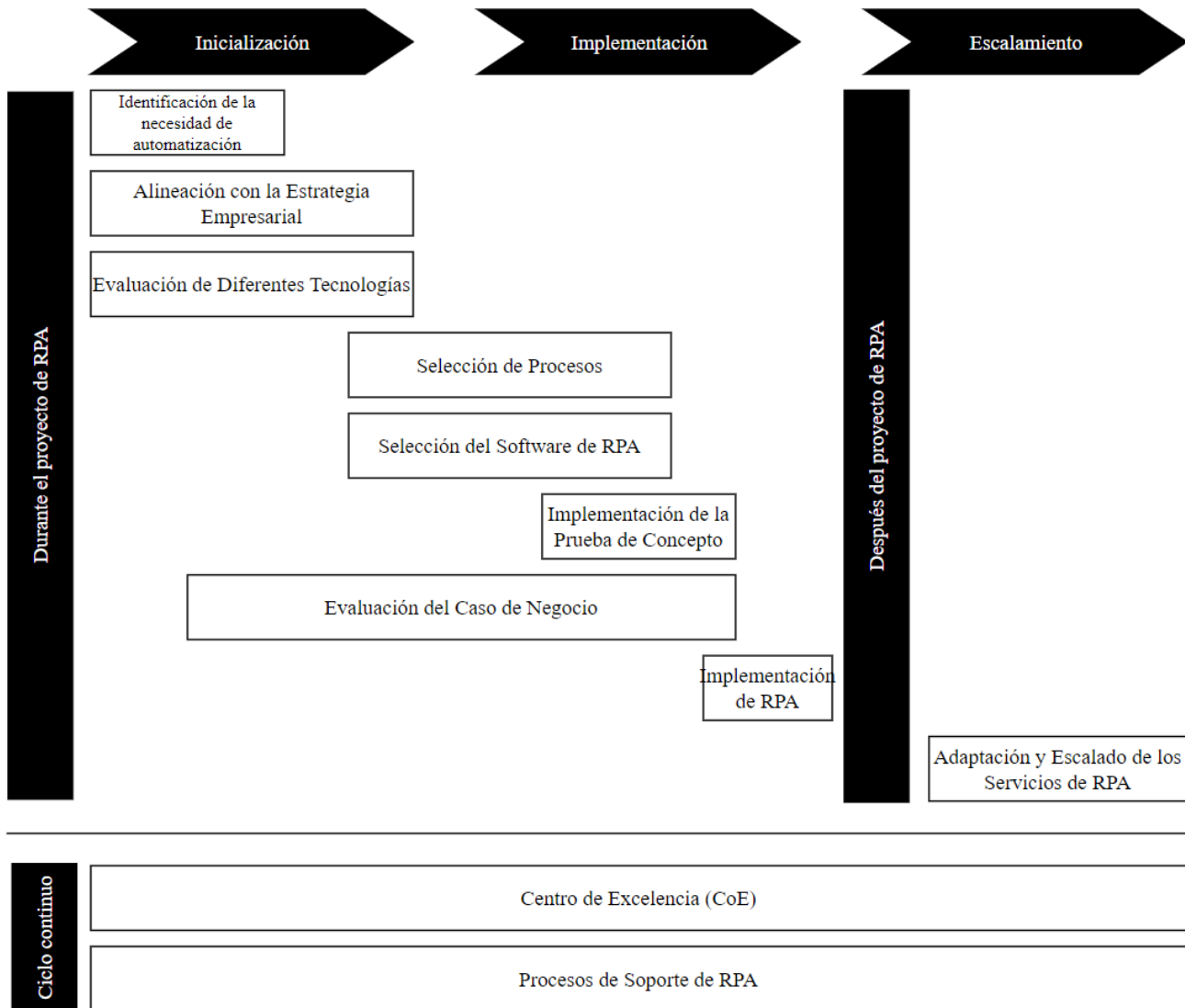


Figura 1. Marco de trabajo consolidado. Traducción de lo propuesto en [7]

A medida que la tecnología continúa avanzando es probable que el futuro de RPA involucre una mayor integración con inteligencia artificial y ML, así como el desarrollo de tecnologías de inteligencia artificial más sofisticadas para admitir diferentes aplicaciones comerciales. El potencial de la RPA para automatizar tareas repetitivas y liberar tiempo valioso para los empleados es enorme, lo cual, sin duda, continuará transformando la forma en que las empresas operan en el futuro.

IV. METODOLOGÍA

Dentro de la célula de automatización de procesos se maneja una metodología enfocada a objetivos conocida como Objectives and Key Results (del inglés objetivos y resultados clave) en la cual semanalmente se socializan los avances logrados para ese período dentro del plan de trabajo definido para los proyectos, planteando actividades a corto plazo enfocadas en la compleción y los requerimientos de los proyectos actuales. Adicionalmente, para llevar a cabo este proyecto específico se establecieron enfoques dados desde los métodos cuantitativos y mixtos, así mismo, se emplearon seis etapas de ejecución las cuales permitieron el desarrollo de esta práctica académica (ver Figura 2):

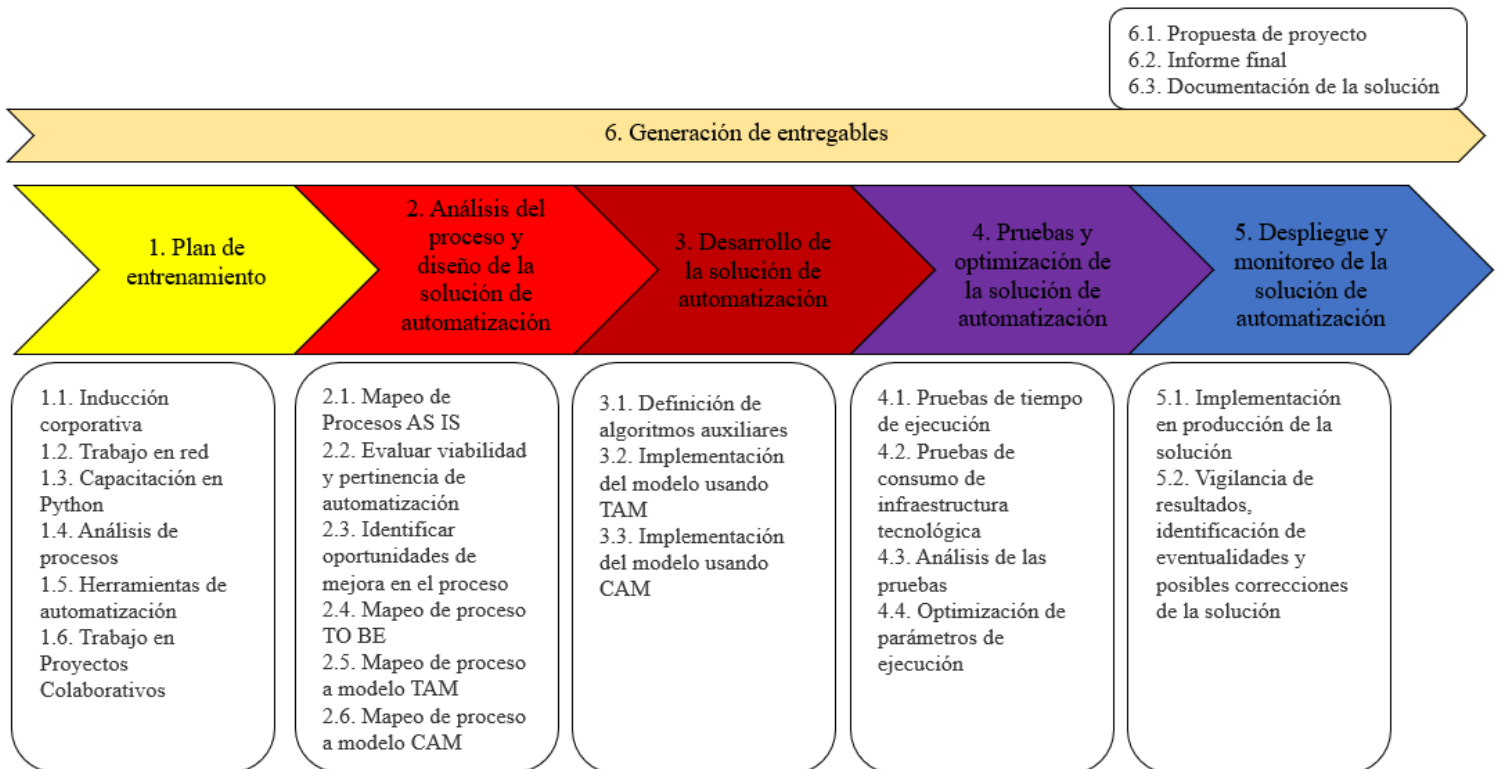


Figura 2. Metodología planteada

1. Plan de entrenamiento

En esta primera etapa se lleva a cabo la inducción corporativa, en la cual se da a conocer la empresa, quienes son, cuáles son sus proyectos, como se encuentran conformados, como están constituidos organizacionalmente, etc.; así mismo, se llevó a cabo una capacitación de trabajo en red, la cual consistió en realizar cursos para conocer estrategias de trabajo en línea y/o trabajo

remoto; una capacitación en Python que permitió fortalecer aprendizajes previos sobre el uso de este lenguaje de programación; una capacitación en análisis de los procesos donde se vieron cursos que permitían abordar a profundidad esta temática y sus diferentes campos de acción; se presentaron las herramientas utilizadas por Quipux para la automatización de procesos, y finalmente las metodologías de trabajo que se utilizan en los proyectos colaborativos.

2. Análisis del proceso y diseño de la solución de automatización.

En esta etapa se aborda el mapeo de procesos AS IS, con el cual fue posible conocer cómo se encontraba el proceso al inicio del proyecto e igualmente para identificar mejoras en el mismo; igualmente, se presentó el mapeo de procesos TO BE, es decir a lo que se quería llegar a partir del rediseño del proceso, la visión que se tiene a futuro respecto al proceso y la solución de los problemas identificados en el mapeo del proceso AS IS, este mapeo fue de la mano con el mapeo de los procesos a los modelos TAM (Transaction Automation Model) y CAM (Concurrent Automation Model), conociendo así la manera como la célula automatiza sus procesos (estos son modelo creados por la célula de automatización de Quipux, los cuales pueden ser usados como plantillas para facilitar el desarrollo de las automatizaciones).

3. Desarrollo de la solución de automatización.

En el desarrollo de la solución para automatizar se llevó a cabo la definición de algoritmos auxiliares debido a que se encontró que ciertos elementos estaban fuera de las plantillas TAM o CAM; en esta misma línea, lo que fue diseñado y desarrollado se llevó hacia las plantillas TAM y CAM con el fin de lograr el desarrollo e implementación de las automatizaciones, yendo de la mano con los modelos que utiliza la empresa.

4. Pruebas y optimización de la solución de automatización

Para esta etapa se presentaron las pruebas de tiempo de ejecución, las pruebas de consumo de infraestructura tecnológica, el análisis de las pruebas y la optimización de parámetros de ejecución, esto se hizo con el fin de poner en práctica lo que se realizó para la automatización en un entorno más real, para poder obtener resultados más completos con respecto a su desempeño y comportamiento; de esta manera se realizaron análisis que permitieron un ajuste en los parámetros de las plantillas para mejorar su ejecución.

5. *Despliegue y monitoreo de la solución de automatización*

Durante esta etapa se implementa en producción la solución y se realiza monitoreo, esto con el fin de generar valor al cliente a partir del uso de la solución en entornos reales, identificando la calidad de los resultados, que eventualidades surgieron y sus respectivos tratamientos.

6. *Generación de entregables*

Finalmente, esta etapa rigió todo el proceso de la práctica de manera transversal dado que fue un proceso donde periódicamente se generaron entregables con el fin de brindar información sobre los avances del proyecto y su desarrollo; inicialmente se presentó una propuesta del proyecto y seguidamente un informe final; así mismo, ante Quipux se presentó el análisis de mejora de procesos, los artefactos (diagramas, informes, análisis, etc.) generados a partir de las fases del proyecto, el código fuente de la solución, la documentación respectiva de la solución y el reporte de actividades diarias.

Es posible englobar estas fases parcialmente en el marco de trabajo de implementación de proyectos de RPA propuesta por [7], el cual se encuentra dividido en tres etapas: inicialización, implementación y escalamiento. En la etapa de Inicialización se completan la identificación, alineación y evaluación de tecnologías, iniciando así con la etapa de implementación, en la cual se incluyen la selección de procesos, la selección de software, la realización de pruebas de concepto y la elaboración del caso de negocio, esta etapa culmina con la implementación de RPA, y da comienzo a la etapa de escalamiento, después que el proyecto RPA ha sido completado, centrándose en la adaptación y escalado de resultados para futuras implementaciones de RPA.

Es pertinente aclarar que para el caso de Quipux actualmente no se maneja el concepto de RPA sino de ‘bot’ al referirse al desarrollo generado que ejecuta la automatización, esto debido a que ya se tiene cierta madurez y se han desligado de las herramientas de RPA comerciales.

Si bien cada una de estas etapas tienen subetapas (ver Figura 1) y considerando que en procesos anteriores Quipux inició la automatización, en este proyecto se inicia el esquema con la fase “Adaptación y Escalado de los servicios de RPA”. En esta buscando mejorar y/o migrar la solución a herramientas propias, generando una ampliación del portafolio de bot, el cual fue facilitado por la creación de librerías y de plantillas relacionadas. Por lo anterior, es importante la

creación de una base de trabajo a partir de la cual se facilita el proceso del desarrollo, generando estandarización en los procesos.

Siguiendo en esta misma línea, la célula de trabajo en la que se encontró enmarcado este proyecto es la encargada de desarrollar la fase denominada “Centro de excelencia”, esta fase se desarrolla con el fin de respaldar la definición de roles necesarios, habilidades, indicadores claves de rendimiento, etc; las tareas llevadas a cabo durante esta fase y en efectos prácticos para este proyecto, variaron desde el monitoreo y el mantenimiento de los robots de software hasta la identificación de procesos adicionales que permitieran una adecuada automatización, permitiendo que se llevará a cabo una innovación en los procesos, el desarrollo de nuevos servicios y las mejoras de eficacia y eficiencia de los servicios que ya presentaban en la empresa con sus automatizaciones.

V. RESULTADOS Y ANÁLISIS

Para una mejor comprensión y estructuración de la información los resultados se encuentran organizados por subsecciones que van de acuerdo con cada una de las etapas que se presentaron durante el proceso de la práctica profesional y se definieron en la metodología. En este caso, la primera subsección tiene relación con el plan de entrenamiento, la segunda subsección con el análisis del proceso y el diseño de automatización, la tercera con la solución del desarrollo de la automatización, la cuarta con las pruebas y optimización de la solución de automatización, la quinta con el despliegue y monitoreo de la solución de automatización, y finalmente, la sexta que es la generación de entregables.

1. Plan de entrenamiento

Durante esta etapa del proceso de práctica se abordaron 26 temas específicos apoyados en cursos en línea y capacitaciones ofrecidas por la misma célula de automatización, teniendo un tiempo total aproximado de 120 horas. La realización de estos cursos impactó de manera positiva el proyecto, ya que generó mayor comprensión del problema a tratar y brindó herramientas que permitieron afianzar capacidades para proponer nuevas soluciones.

2. Análisis de proceso y diseño de la solución de automatización.

Durante esta etapa del proyecto se generó el análisis del proceso, algunos de los resultados son artefactos que fueron entregados a Quipux, sin embargo, debido a que hacen parte del “know-how” (saber hacer) de la empresa no se incluyen en este documento; entre estos artefactos algunos de los más representativos son los diagramas del proceso adaptado a las plantillas TAM y CAM. El uso de las plantillas es beneficioso en el sentido que sirve para asegurar que el bot pueda completar sus tareas aun cuando se presenten errores en los sistemas con los que interactúa (esto lo hace principalmente a través de reintentos programados), brinda trazabilidad del resultado del proceso y de las transacciones que lo componen, medición de tiempos para monitoreo y seguimiento al desempeño.

Si bien no es posible brindar mayor información porque los resultados se encuentran protegidos por secreto empresarial, si es posible resaltar las oportunidades de mejora que se encontraron en el proceso. Tal como se ha comentado anteriormente, el fin del proyecto fue generar una nueva versión de la automatización del proceso, para lo cual fue necesario un cambio de paradigma, pasando de hacer uso de un software comercial a hacer uso de herramientas propias soportadas en lenguaje de programación Python. Teniendo en cuenta este contexto, los cambios más relevantes incluyeron:

- El cambio de modalidad de prestación del servicio de automatización: en este caso se venía de un modelo en el que desde la célula de automatización se generaba un desarrollo utilizando herramientas RPA comerciales, el cual era entregado al cliente para ser ejecutado y desplegado en su propia infraestructura. Dicho modelo ha venido evolucionando hacia uno orientado a la prestación de servicios de automatización, en el que el desarrollo es desplegado y ejecutado en la infraestructura de Quipux, automatizando en lo posible las interacciones del cliente con la solución, haciendo que el interesado solo esté involucrado al momento de entregar los insumos para el proceso y posteriormente recibir los resultados, convirtiendo la solución de automatización en una caja negra desde su punto de vista.
- El uso de concurrencia: este proceso se puede categorizar como Input/Output (I/O) Bound -o limitado por la velocidad de Entrada/Salida (E/S)- ya que las validaciones requieren una cantidad de procesamiento mínimo, estando el cuello de botella en la conexión con la red, ya que el proceso de validación compara información que se haya en memoria, con su contraparte que consulta a través de internet [8].

También se podría relacionar el proceso de validación con el concepto de web scrapping (extracción automática de información encontrada en línea) ya que para realizar las validaciones es preciso obtener información que, como se mencionó anteriormente, se consulta a través de internet. Este tipo de tareas obtienen ganancia significativa al usar el concepto de concurrencia, debido a que mientras se dan las pausas debido a I/O es posible avanzar con otras partes del proceso [9], en la Figura 3 se puede evidenciar gráficamente este concepto.

En esta misma línea, es necesario recalcar que la plantilla CAM, que se ha mencionado anteriormente, está orientada a la ejecución de tareas de un proceso de manera concurrente, esto con el fin de disminuir el tiempo de ejecución total del proceso automatizado: (i) reducción y optimización del proceso generando inherentemente una mejora en cuanto a tiempo; (ii) definición de un formato de resultados mejorado, en comparación con el anterior, el cual brinda más información al cliente y realiza validaciones adicionales.

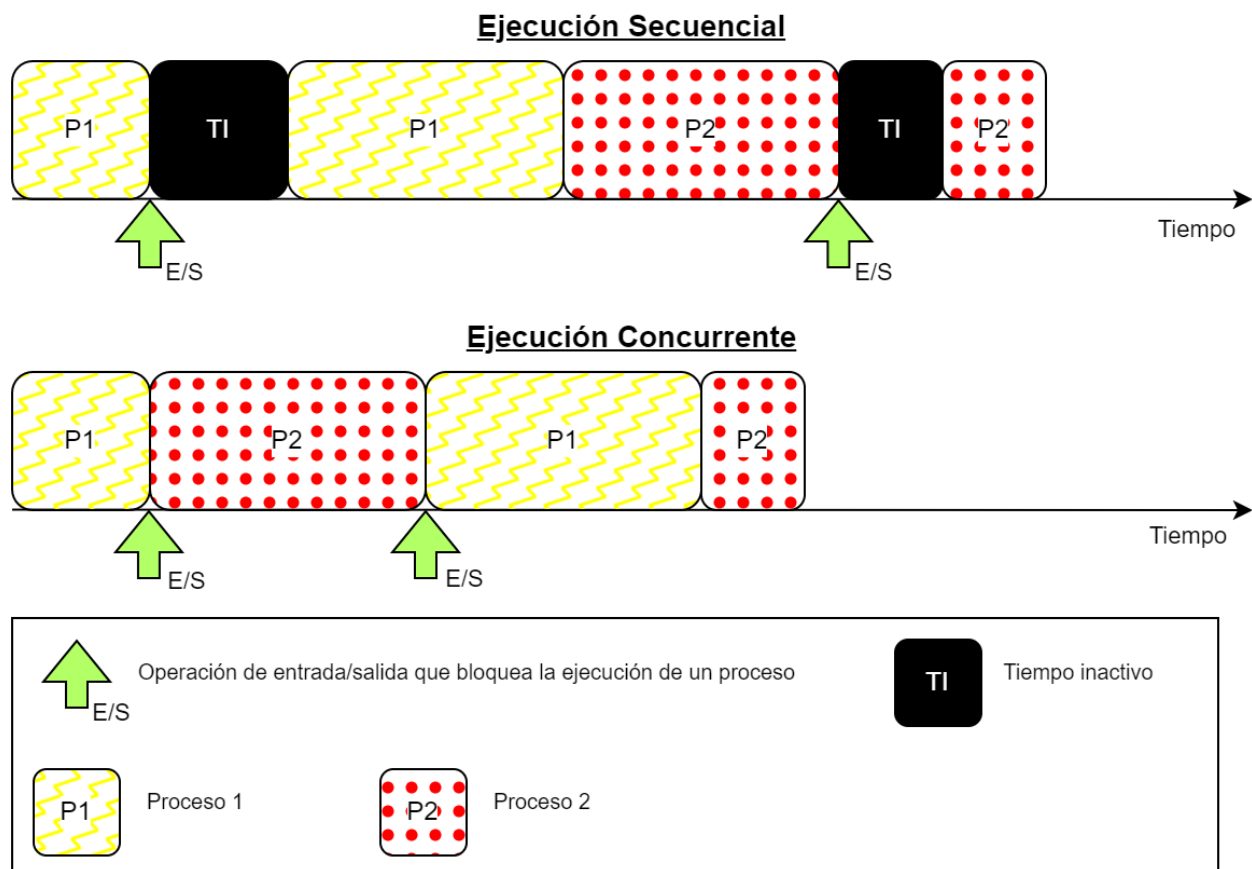


Figura 3. Ejecución secuencial vs ejecución concurrente

3. Desarrollo de la solución de automatización

Debido a que el modelo CAM aún es relativamente nuevo y no tan maduro, durante esta etapa se encontraron algunas oportunidades de mejora, de las cuales algunas fueron aplicadas y/o tomadas en cuenta para la futura versión del modelo, mientras que otras debido a su imperiosa necesidad o a que son muy propias de este proceso, se desarrollaron a la par de la solución.

Entre estas últimas necesidades mencionadas se encuentra la existencia del nombrado “hilo consolidador”, el cual es un algoritmo auxiliar que surge por la necesidad de aseguramiento del proceso, este algoritmo se encarga de crear periódicamente puntos de guardado, o lo que es decir registrar avances parciales (ver Figura 4), con el fin de ofrecer un servicio confiable, estable, evitando reprocesos y que permita retomarse en caso de fallos catastróficos. A nivel técnico, esta es una función la cual es llamada en un nuevo hilo a partir del proceso principal del CAM, para la cual existen parámetros que definen su frecuencia de activación/guardado y tiempos de inactividad.

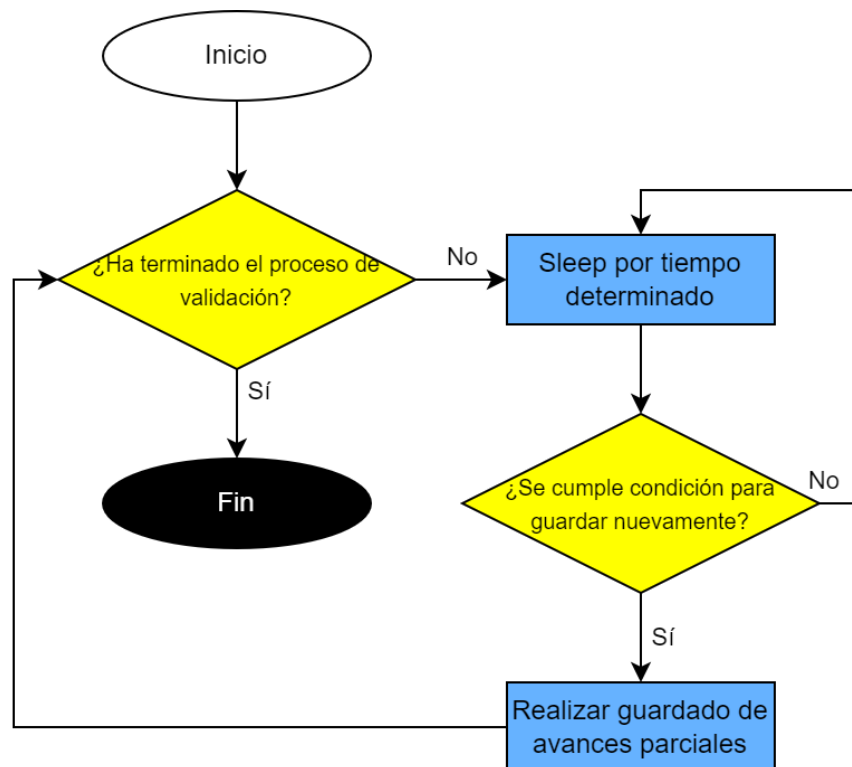


Figura 4. Tarea desarrollada por el hilo consolidador de manera conceptual.

4. Pruebas y optimización de la solución de automatización

Se realizaron múltiples pruebas funcionales del software durante su proceso de desarrollo (unitarias, integración, sistema, regresión, aceptación entre automáticas y no automáticas), sin embargo, este no es el enfoque dado a esta etapa, el planteamiento de esta subsección va de la mano con la realización de pruebas orientadas a la optimización de los parámetros de ejecución del proceso, las cuales pueden ser divididas en dos puntos principales:

-
- Pruebas y optimización de parámetros para el hilo consolidador: consistió en encontrar un equilibrio entre el tiempo que el algoritmo permanece inactivo (sleep) y el tiempo (o porcentaje de avance del proceso) que separa cada guardado parcial, de tal manera que se pudiera asegurar el proceso y permitir su recuperación a partir de los puntos que fueron preservados, disminuyendo los reprocesos en caso de fallos catastróficos teniendo presente la restricción de no generar un sobre coste (overhead), en términos de tiempo y consumo de recursos, significativo. Una combinación de parámetros que generan resultados favorables, teniendo en cuenta todos estos puntos mencionados, fue encontrada de manera empírica y aplicada para la salida a producción.

 - Pruebas de consumo de infraestructura y desempeño junto con su respectiva optimización: Debido a que el CAM utiliza el concepto de concurrencia uno de sus parámetros configurables es el número de hilos de ejecución. Modificar dicha variable puede afectar diferentes aspectos de la ejecución, por lo que, para este caso se trató de definir el número más apropiado de hilos teniendo como factores decisivos:
 - Buscar el menor tiempo de ejecución posible.
 - El entorno en el que fue desplegada la solución de automatización es compartido, ahí coexisten soluciones para procesos diferentes y puede darse el caso en el que la ejecución de una se traslape con otra, se buscó mantener un consumo de recursos no tan elevado, de tal modo que permitiera disminuir el riesgo y los efectos de afecciones mutuas.

Para llevar a cabo esta optimización se toma una factura de prueba la cual contenía 2851 registros por procesar y se ejecuta la solución de automatización en el entorno de producción (esto debido a que la optimización de los hilos puede cambiar sus resultados entre entornos diferentes y la empresa no cuenta con un entorno de pruebas igual al de producción), a continuación, se presentan los principales resultados obtenidos.

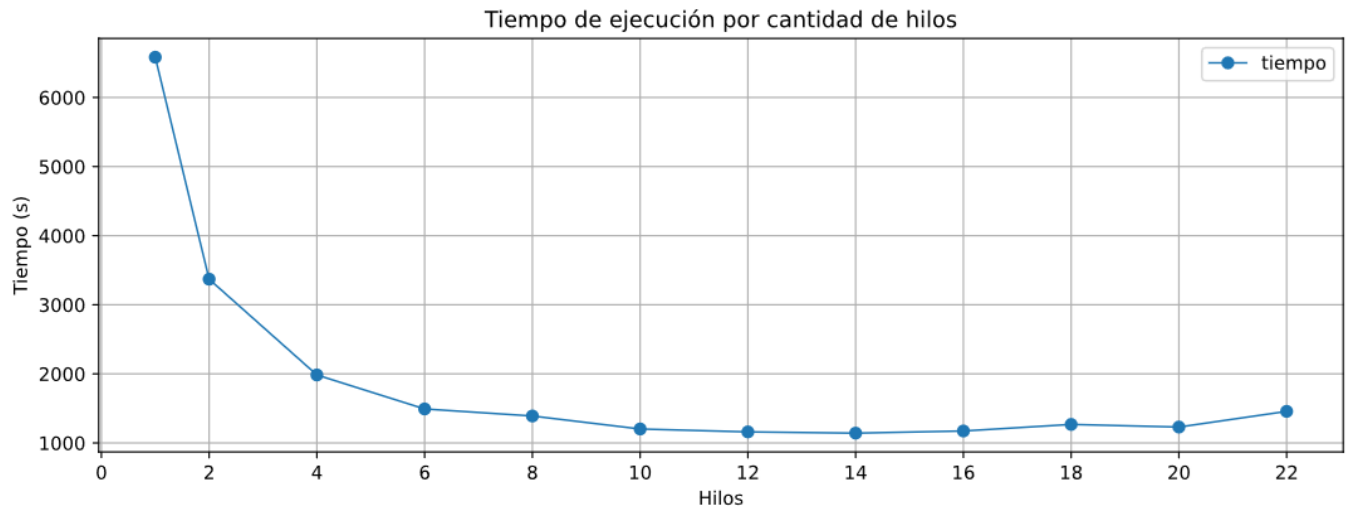


Figura 5. Tiempo de ejecución según número de hilos

La Figura 5 presenta un resumen de los diferentes tiempos de ejecución para procesar la misma factura, cambiando el parámetro de número de hilos del CAM, presentando el menor tiempo de ejecución con 14 hilos. Es relevante comentar que a partir de ese punto incrementar el número de hilos deteriora la velocidad de ejecución, esto debido a que se genera un overhead al existir tantos hilos compitiendo por una cantidad finita de recursos-ya sea tiempo de procesamiento, ancho de banda o hasta limitaciones del servidor web al cual se realizan las consultas-.

Teniendo con este resultado una idea más clara del primer factor, para evaluar el segundo factor se realizaron otras pruebas, procesando la misma factura y cambiando el parámetro de número de hilos mientras se mensuraba cierta información de la ejecución. En estas mediciones, se obtuvo información del tiempo de ejecución, consumo de memoria y consumo de CPU; la información del tiempo de ejecución se trató en el factor anterior, por lo cual se omite, así mismo, el consumo de memoria en ninguna de las pruebas representó un porcentaje significativo del total disponible en el entorno productivo, por lo cual también es omitido. Para el caso del consumo de CPU, a continuación, se presenta la información obtenida a partir de las ejecuciones más representativas, las cuales se dieron al ejecutar el bot con 1, 4, 14 y 22 hilos.

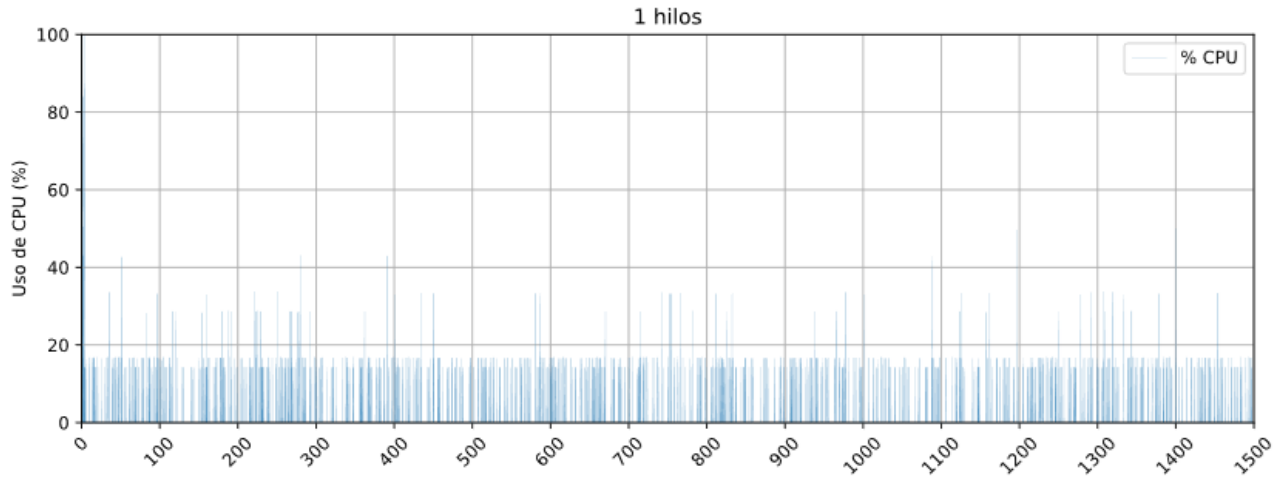


Figura 6. Consumo de CPU con 1 hilo

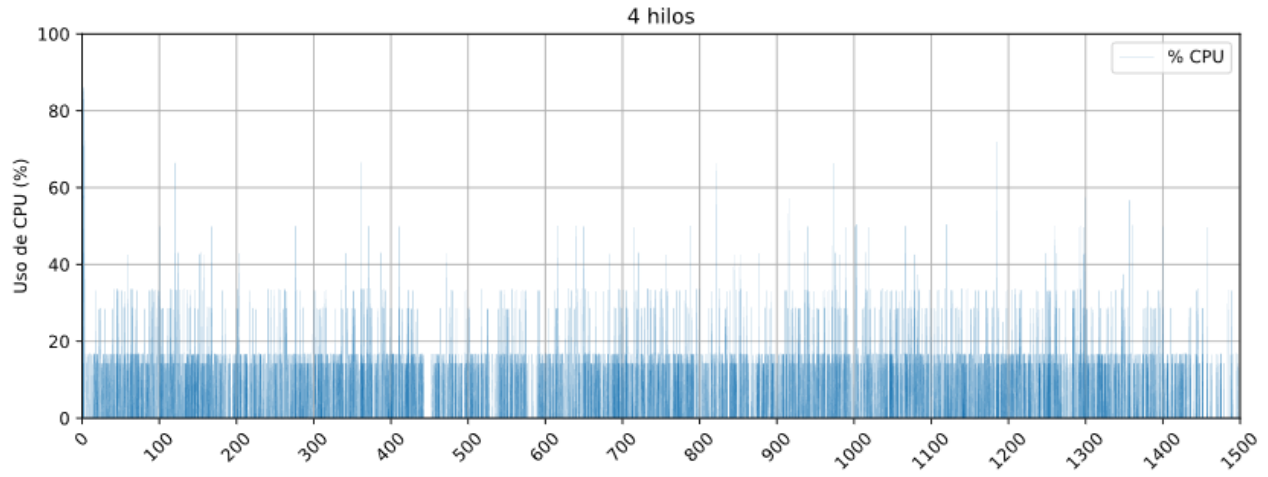


Figura 7. Consumo de CPU con 4 hilos

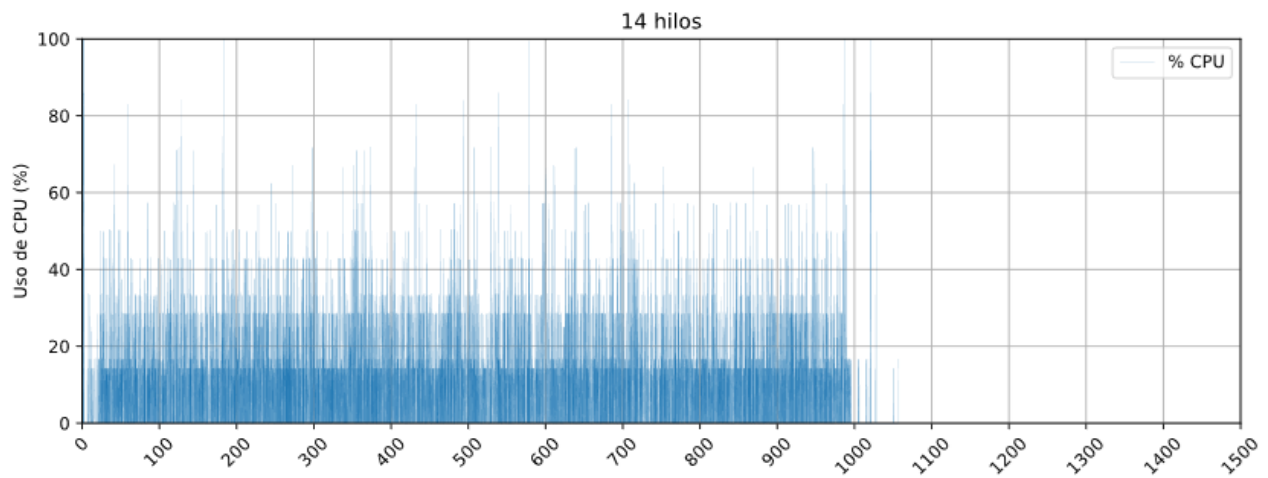


Figura 8. Consumo de CPU con 14 hilos

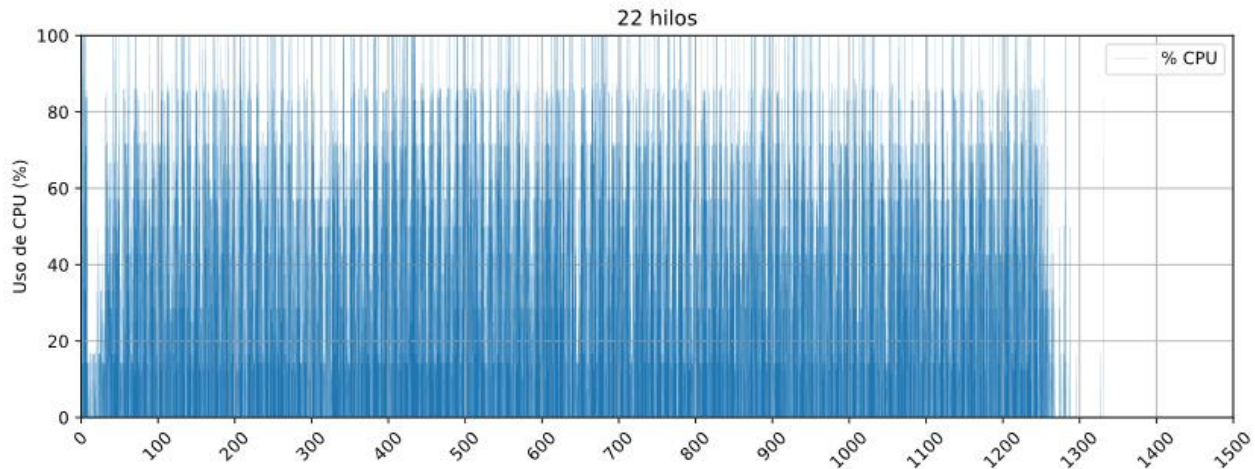


Figura 9. Consumo de CPU con 22 hilos

Estas ejecuciones presentadas anteriormente se consideran representativas debido a que:

- En el caso de la ejecución con 1 hilo (Figura 6): esta es equivalente a la ejecución secuencial en la cual no se utiliza el concepto de concurrencia
- En el caso de la ejecución con 4 hilos (Figura 7): 4 es el número de hilos con los cuales cuenta el procesador disponible en el entorno de producción
- En el caso de la ejecución de 14 hilos (Figura 8): esta es relevante debido a que fue el resultado que generó menor tiempo
- Finalmente, la ejecución con 22 hilos (Figura 9): es relevante debido a que es el mayor número de hilos con la que se realizó la prueba de tiempo de ejecución, y donde se empezó a notar una reducción significativa del desempeño comparado a las ejecuciones con un menor número de hilos (14 en adelante).

Basándose en la información presentada, se tiene que la ejecución con 14 hilos -la configuración que genera el menor tiempo- tiene un consumo moderado (el cual en promedio no supera el 50%), cumpliendo con los dos factores decisivos para esta optimización, por lo que se determinó este parámetro para las ejecuciones subsecuentes.

5. Despliegue y monitoreo de la solución de automatización

La solución de automatización fue desplegada en el servidor dispuesto por la célula de automatización, se configuró y programó utilizando el concepto de caja negra mencionado

anteriormente, de tal manera que las interacciones con los interesados fueran sencillas. Uno de los principales retos de esta etapa fue la conexión a VPN requerida para realizar las validaciones, debido a que habían muchos actores involucrados en esto; inicialmente, se definió que se configuraría una VPN site to site con la red de la operación, esto siendo apoyado por ambos departamentos de TI, sin embargo, debido a configuraciones de red debió ser involucrado un tercero, y la empresa que le provee servicios de internet a la operación, haciendo esto más largo y complejo, llegando hasta el punto de hacerse más lento el proceso debido a asuntos burocráticos. A la fecha en la que se realizó el empalme entre la solución antigua y la actual, aún no se contaba con una VPN site to site funcional, por lo que hubo que aplicar medidas alternativas temporales mientras se solucionaba este tema, el cual fue resuelto tiempo después de salir a producción.

Desde el momento en el que se realizó el despliegue de la solución y el empalme con la anterior, parte de los esfuerzos se enfocaron en monitorear la correctitud, validez, consistencia de la información y funcionamiento de la nueva solución, esto por medio de contacto directo y solicitud de retroalimentación por parte de la operación, estando atentos a que la solución funcionara como se esperaba, no reportándose hasta la fecha incidentes mayores.

6. Generación de entregables

Este escrito es muestra de parte de los resultados de esta etapa, su análisis se encuentra supeditado y es dependiente de las revisiones realizadas y su aceptación para ser publicado. Adicionalmente, con respecto a los otros entregables que fueron mencionados en la etapa de metodología y que fueron entregados a Quipux, hacen parte fundamental de la solución de automatización, siendo necesarios y apropiados para el proceso, sin embargo, por razones de confidencialidad no se incluyen en este documento.

VII. CONCLUSIONES

A partir de la realización de la solución de automatización, es posible concluir que se da cumplimiento a los objetivos propuestos en un primer momento, ya que se desarrolla un bot para automatizar las validaciones de la facturación, logrando cambiar el modo de servicio, dejando atrás herramientas comerciales, permitiendo mejor control sobre lo desarrollado y adicionalmente mejorando los resultados en términos de tiempo y valor de la información entregada.

Tomando como promedio los valores reportados de tiempo, la solución RPA antigua tardaba más de 5 días, en promedio 10 días (estos cambios tan abruptos se atribuyeron principalmente a la congestión de la página web en la que se consulta la información y a que el bot anterior requería intervención humana en ciertas ocasiones) para validar la factura de un mes, mientras que con la solución de automatización nueva “Bot”, para validar una factura equivalente se reduce el tiempo llegando a un promedio de 3 horas.

Finalmente, la solución de automatización continúa funcionando correctamente, y se le realiza monitoreo ocasional o intervenciones en caso de que sea notificada alguna eventualidad.

REFERENCIAS

- [1] M. Eulerich, N. Waddoups, M. Wagener, y D. A. Wood, «The Dark Side of Robotic Process automation», SSRN Journal, 2022, doi: 10.2139/ssrn.4026996.
- [2] M. Eulerich, J. Pawlowski, N. J. Waddoups, y D. A. Wood, «A Framework for Using Robotic Process Automation for Audit Tasks*», *Contemporary Accting Res*, vol. 39, n.o 1, pp. 691-720, mar. 2022, doi: 10.1111/1911-3846.12723.
- [3] K. K. H. Ng, C.-H. Chen, C. K. M. Lee, J. (Roger) Jiao, y Z.-X. Yang, «A systematic literature review on intelligent automation: Aligning concepts from theory, practice, and future perspectives», *Advanced Engineering Informatics*, vol. 47, p. 101246, ene. 2021, doi: 10.1016/j.aei.2021.101246.
- [4] R. Syed et al., «Robotic Process Automation: Contemporary themes and challenges», *Computers in Industry*, vol. 115, p. 103162, feb. 2020, doi: 10.1016/j.compind.2019.103162.
- [5] P. Hofmann, C. Samp, y N. Urbach, «Robotic process automation», *Electron Markets*, vol. 30, n.o 1, pp. 99-106, mar. 2020, doi: 10.1007/s12525-019-00365-8.
- [6] J. G. Enriquez, A. Jimenez-Ramirez, F. J. Dominguez-Mayo, y J. A. Garcia-Garcia, «Robotic Process Automation: A Scientific and Industrial Systematic Mapping Study», *IEEE Access*, vol. 8, pp. 39113-39129, 2020, doi: 10.1109/ACCESS.2020.2974934.
- [7] L.-V. Herm et al., «A Consolidated Framework for Implementing Robotic Process Automation Projects», en *Business process management: 18th international conference, BPM 2020 Seville, Spain, September 13-18, 2020: proceedings*, en *Lecture notes in computer science Information Systems and Applications*, incl. Internet/Web, and HCI, no. 12168. Cham: Springer, 2020, pp. 471-488.
- [8] J. Anderson, «Speed Up Your Python Program With Concurrency – Real Python». Accedido: 3 de octubre de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://realpython.com/python-concurrency/>

[9] «Speed Up Web Scraping with Concurrency in Python», ZenRows. Accedido: 3 de octubre de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://www.zenrows.com/blog/speed-up-web-scraping-with-concurrency-in-python>